LES CLIMATS TROPICAUX ET LA VÉGÉTATION

par F. Bagnouls et H. Gaussen

Au volume III d'Adansonia de 1963, le Professeur A. Aubréville a discuté la classification des bioclimats tropicaux présentée dans la notice de la « Carte bioclimatique de la région méditerranéenne », publiée en 1963 par un groupe d'experts de l'Unesco-FAO.

Nous allons examiner ces critiques car elles s'adressent essentiellement à nous deux, les autres experts ayant seulement accepté l'emploi de nos méthodes pour la construction des cartes.

En suivant l'article de M. Aubréville voici quelques observations :

1. Il arrive en effet que la période sèche se décale vers la période des jours longs. Un exemple intéressant est celui de la côte orientale de Ceylan. Par suite du retard progressif de la mousson du N.E. vers le S.W. de la côte de Coromandel, la région orientale de Ceylan a des pluies d'hiver et une sécheresse estivale. Cela correspond à une définition apparente des conditions « méditerranéennes » dans notre vocabulaire (Bagnouls et Gaussen, 1957). Pourtant, la végétation n'est pas méditerranéenne et les plantes méditerranéennes qui ont sans doute besoin d'un certain froid hivernal ou d'une période de jours courts n'y prospérent guére. La température moyenne d'un mois ne descend pas au-dessous de 15° C; c'est ce que Legris a appelé « tropical retardé ». Nous avons d'ailleurs bien spécifié que le terme « méditerranéennes » s'applique à des régions où le mois le plus froid a une température moyenne T < 15°.

2. La légende de la Carte attribue la même valeur au titre « bixérique » qu'au titre « tropical ». C'est évidemment excessif et en 1957 nous avions écrit (p. 203) : « le climat bixérique est essentiellement un climat tropical...[1] L'étude détaillée d'un secteur bixérique doit tenir compte de la durée et de l'intensité respectives des deux périodes séches et du temps qui sépare ces périodes, car cela a une grande importance biologique. Si la première période est courte et succède à une grande humidité, elle peut avoir une efficacité minime... ». Il y aurait donc lieu de modifier la hiérarchie des titres de la légende.

3. L'importance de la saison séche peut être faible si elle est courte, si le sol conserve l'humidité, si la forêt existe déjà comme souvenir d'une période plus humide. C'est l'histoire de la forêt de Hêtres de la Sainte-Baume : elle résiste au climat méditerranéen car elle forme une biocénose fermée. Qu'on la coupe, elle ne se repeuplera pas de Hêtres.

Si on coupe la forêt de la cuvette congolaise à climat sans saison

1. Il y a cependant des climats bixériques non tropicaux. Par ex. Srinagar au Cachemire (qui est même trixérique).

sèche, elle finira par retrouver son type actuel. Qu'on coupe celle du Gabon ou du Mayombé, la saison sèche gênera beaucoup sa réinstallation. Ces deux types de forêts sont donc différents.

4. Malgré les apparences, nous pensons qu'il est juste de séparer les climats à une ou deux saisons sèches du climat sans saison sèche que nous avons appelé « équatorial ». Il y a évidemment toutes les transitions dans la nature et le cartographe est toujours obligé de mettre une ligne en grande partie arbitraire.

Il est bien certain que si le mot « tropical » désigne les climats situés entre les deux tropiques, « équatorial » devient une subdivision de tropical. Mais nous avons défini tropical comme climat à jours courts secs et alors l'équatorial n'est pas tropical. C'est une question de définition. A ce propos, nous croyons qu'il faut s'élever fortement contre l'épithète de « subtropical » que des auteurs d'Europe centrale donnent au climat méditerranéen.

Nous voyons au même rang hiérarchique : méditerranéen, tropical, équatorial.

5. Nous reconnaissons que le climat de Durban ne devrait pas être classé subéquatorial puisque il y a presque un mois de sécheresse. Cette station est à classer dans le « submésaxérique », division du tropical (B et G. 1957, p. 214).

6. Pour la question de la préférence donnée à l'indice xérothermique à la simple indication du nombre de mois secs nous reconnaissons l'insuffisance de la documentation. Mais il faut toujours citer au Maroc : Rabat et Oued Zem. Ces deux stations ont le même nombre de mois secs (avec la définition $P < 2T$), mais l'humidité atmosphérique est plus grande à Rabat, les cultures maraîchères y sont permises qui ne prospéreraient pas à Oued Zem. Les indices xérothermiques montrent cette différence fondamentale : Rabat 90, Oued Zem 135.

Pour beaucoup de contrées au bord de la mer l'humidité atmosphérique est un facteur important; elle modifie profondément les caractères de la saison sèche.

7. L'étude bioclimatique a été uniquement climatique et dans le détail, sol, vents, neige, etc... interviennent. L'échelle de 1/5 000 000 permet encore de ne pas en tenir compte. A l'échelle de 1/1 000 000 on ne pourrait plus négliger ces facteurs. Dans les cartes du Tapis végétal à 1/1 000 000, ils sont considérés.

Les pays tropicaux

8. La carte n'a tenu compte que de l'alternance de saison pluvieuse et saison sèche, car l'étude détaillée des conditions tropicales n'était pas le but poursuivi. Mais il faut distinguer parmi les saisons pluvieuses.

Si on se reporte au carton des bioclimats dans la feuille de la Carte

internationale du Tapis végétal : Cape Comorin (1961), on voit que la bande violette indiquant la période pluvieuse est tout à fait différente par sa couleur dans la côte de Malabar et la partie orientale.

Il est certain que l'importance de la quantité d'eau tombée pendant les mois pluvieux est à considérer.

On peut avoir en deux points le même indice xérothermique dont la valeur dépend uniquement de la saison sèche et une période de pluie très différente.

En réalité, une valeur ne suffit pas pour caractériser un climat tropical typique. L'année doit être divisée en deux.

Pour la période sèche, l'indice xérothermique est valable mais pour la période humide, il faut faire une étude séparée.

Meher-Homji (1961-63) a bien vu le problème pour l'Inde et a utilisé un « complexe d'aridité-humidité-gel » qui tient compte de la précipitation annuelle (qui en pays tropical se réduit à la saison pluvieuse), de l'indice xérothermique représentant la saison sèche et de la durée de la période de gel (gel $< -2^oC$) qui ne nous intéresse pas ici.

Cette méthode donne de bons résultats pour l'ensemble du monde mais ne tient pas compte de l'eau inutilisée durant la période humide quand la précipitation atteint des valeurs énormes. Cette eau superflue s'écoule sans utilité pour la végétation, il ne faudrait donc pas la compter. L'inconvénient n'est pas grave dans la méthode de Meher-Homji, car il utilise 10 classes d'humidité et non le chiffre des précipitations lui-même.

Legris (1963) a repris le problème dans son importante étude du subcontinent indien. Il remarque avec justesse (p. 87), « il est bien difficile d'apprécier la proportion de l'eau de pluie utilisable par la végétation. On voit l'importance des facteurs stationnels comme facteurs correctifs de l'importance des précipitations. » Il fait intervenir le déficit de saturation $Ds = F - f$[1] en reconnaissant que « en première approximation le degré hygrométrique et le déficit de saturation ont des variations inverses ».

Nous constatons, qu'à l'échelle mondiale, qui nous occupe seule ici, le déficit de saturation est sans signification, une même valeur du déficit peut indiquer une extrême humidité dans les pays chauds et une grande sécheresse dans les pays froids.

Ainsi on a :

à 25° : F = 24 mm Si $f = 18$ ds = 6, grosse humidité
à 4° : F = 6 mm Si $f = 0$ ds = 6, sécheresse absolue.

A l'échelle mondiale, on ne peut prendre en compte que l'état hygrométrique. Par contre, dans une même région climatique, le déficit de saturation peut être d'un emploi plus commode.

1. f tension de la vapeur d'eau réelle, F tension maximale à la température correspondante. Le degré hygrométrique est $H = \frac{f}{F} 100$.

L'humidité fondamentale en période sèche, n'est pas sans intérêt en période humide. On connaît des cas où elle est relativement faible pendant la période des pluies. Mais à l'échelle de 1/5 000 000, on peut ne pas l'utiliser.

Pour évaluer le bilan hydrique, LEGRIS utilise la valeur P — $x$ds[1] qui donne de bons résultats. Mais il ne distingue pas dans la valeur de P (Précipitation moyenne annuelle) l'eau superflue de l'eau réellement utile aux végétaux. Nous ne croyons pas utile de faire un bilan annuel. *Deux bilans saisonniers paraissent préférables.*

MÉTHODE CHROMATIQUE

L'indice xérothermique convient pour la saison sèche. Pour la saison humide, dans la Notice de Madras (1963) a été décrite une méthode colorimétrique utilisée dans le carton bioclimatique de la Feuille de Madras de la Carte internationale du Tapis végétal.

Les températures moyennes du mois le plus froid, comprises entre 15 et 20° C, sont représentées par une teinte orangée. Si elles sont supérieures à 20°, on utilise un orangé-marron.

Le total annuel des précipitations en mm est divisé en deux classes : entre 1 000 et 1 500 bleu foncé, entre 500 et 1 000 bleu clair.

Par superposition, on obtient une gamme de violets.

Dans la carte bioclimatique de l'Inde publiée par LEGRIS et VIART (1961), ces auteurs ont distingué 31 divisions qui font intervenir la définition des climats par l'utilisation de la température du mois le plus froid, la précipitation moyenne annuelle, le nombre de mois secs.

Pour la pluie, ils distinguent les classes : 500, 1 000, 1 500, 2 000 mm.

C'est une méthode très efficace par l'emploi des couleurs.

MÉTHODE NUMÉRIQUE

Mais, à côté de la méthode chromatique très souple, il faut une méthode aboutissant à un nombre.

Il faut considérer la quantité d'eau tombée en relation avec la température ambiante car la même quantité de pluie donne plus d'humidité si la température est basse car l'évaporation est plus lente.

Nous retenons la gamme suivante : P mm, T°C moyennes d'un mois.

$P < T$	sursec	hyperxérique
$T < P < 2T$	sec	xérique
$2T < P < 3T$	subsec	hypoxérique

et ensuite,

$3T < P < 4T$	subhumide	hypohygrique
$4T < P < 5T$	humide	hygrique
$5T < P$	surhumide	hyperhygrique

1. x = indice xérothermique.

Les écologistes des pays tropicaux s'accordent pour estimer qu'une quantité d'eau mensuelle de 100 — 125 mm est suffisante pour la végétation. Sous les tropiques où, en plaine, la température moyenne est à peu de chose près 25° on a donc une « pluie suffisante » quand :

$$4\,T < P < 5\,T$$

et une pluie excédentaire quand :

$$P > 5\,T$$

Ce qui est vrai pour les pays tropicaux l'est à plus forte raison pour les climats tempérés et les climats froids.

Ramenée à ces notions, la question peut alors se résoudre plus aisément en considérant les nombres de jours de pluie, ce nombre étant beaucoup plus évocateur de l'humidité que la quantité d'eau tombée qui dépasse, et souvent d'une quantité considérable, la limite du « suffisamment humide ».

Il est évident qu'aux environs de cette limite la notion de nombre de jours de pluie doit être nuancée.

On opère ainsi :

Pendant la saison pluvieuse, on note les mois humides $P > 4\,T$ et les mois subhumides $3\,T < P < 4\,T$.

Pour les mois où $P > 4\,T$, on retient le nombre réel des jours de pluie si les précipitations sont supérieures à 125 mm.

Si (en ayant toujours $P > 4\,T$) la hauteur d'eau est inférieure à 125 mm, on multiplie le nombre de jours de pluie par un terme correctif allant de 0,5 pour 50 mm d'eau à 1 pour 125 mm. Un abaque simple permet d'obtenir immédiatement les valeurs intermédiaires[1].

Pour les mois subhumides $3\,T < P < 4\,T$, on retient seulement la moitié des jours de pluie quand ils se placent avant la saison des pluies car sur un sol sec ces pluies n'ont pas beaucoup d'efficacité. A la fin de la saison des pluies, on compte les jours comme ci-dessus.

On obtient ainsi un *indice hygrothermique* caractérisant l'intensité de la saison pluvieuse.

Si on connaît le nombre de jours de brouillard (qui réduit la transpiration) on compte chaque jour de brouillard pour un demi-jour pluvieux, ainsi par exemple :

Les stations de Douala (Cameroun) et Tabou (Côte d'Ivoire) ont 10 mois pluvieux, un mois subsec et un mois sec.

Douala avec 9 mois où $P > 4\,T$ et $P > 125$ mm,
et 1 mois où $3\,T < P < 4T$ *a un indice de 160.*

1. Valeurs approximatives du coefficient :

50 à 60	0,5
60 à 80	0,6
80 à 100	0,75
100 à 120	0,9
125 mm	1

Tabou avec 9 mois où $P > 4T$ dont 6 mois avec $P > 125$ mm.
et 3 mois où $P < 125$ mm.
et 1 mois où $3T < P < 4T$ *a un indice de 110.*

Douala est donc beaucoup plus humide que Tabou.

Conakry (Guinée) et Nova Lisbõa (Angola) ont 7 mois humides et 5 mois secs. Nova Lisbõa avec un indice de 105 est moins humide que Conakry qui a 155. Conakry avec 7 mois pluvieux se rapproche plutôt de Douala qui en a 10 et à peu près le même indice hygrothermique.

Dakar et Dori (Hte Volta) ont sensiblement le même indice hygrothermique : 28 pour Dakar, 23 pour Dori. Dans ce cas, c'est l'indice xérothermique qui permet de dire que Dakar avec 195 est plus humide que Dori qui a 250.

On pourrait multiplier les exemples.

Ainsi une station tropicale sera définie par deux nombres : l'indice xérothermique qui donne les caractères de la saison sèche, et l'indice hygrothermique qui donne les caractères de la saison humide.

Pour la représentation graphique, on mettra toujours deux bandes de largeur proportionnelle à chacune des saisons et dont chaque couleur appartiendra à la gamme correspondante.

Les pays axériques[1].

Cette méthode de l'indice hygrothermique est valable pour les pays axériques en utilisant la précipitation de toute l'année.

Il n'y a pas de pluie négative si $T < 0°$ C, mais elle s'accumule sous forme de neige et l'eau de fusion se retrouve au dégel comme l'un de nous l'a montré.

Les considérations ci-dessus sont donc valables pour la Terre entière aux petites échelles. Il faudra sans doute établir des nuances à échelles plus grandes. La forêt ne se comporte pas comme la pelouse, le sol perméable ne se comporte pas comme l'imperméable; dans les immensités nordiques le vent balaie la neige des plateaux pour l'accumuler dans les vallées, etc.

Nous discutons ici sur une carte à 1/5 000 000. A cette échelle qui est d'ailleurs une assez grande échelle pour une carte climatique, étant donnée l'insuffisance de la documentation, il convient donc de différencier les régions climatiques par la durée et l'intensité de la période sèche, c'est-à-dire par les valeurs de l'indice xérothermique, facteur qui obéit à la loi du minimum, et de nuancer les différents climats par la considération de l'indice hygrothermique qui obéit à la loi du maximum.

9. Enfin M. Aubréville nous reproche des limites « d'une précision fallacieuse ». Ce reproche n'est pas nouveau. Il est clair que les seules données qui ont servi à faire la carte sont indiquées par les nombres inscrits en noir. On peut ainsi se rendre compte du caractère plus ou moins subjectif des courbes tracées.

1. La question est analysée et discutée aux pages 100-114 dans P. Curé.

Si on trace une ligne « ample » comme faisaient jadis les météorologistes, la seule chose dont on soit sûr c'est qu'elle est fausse.

Si on suit les formes du relief, si on tient compte des phénomènes d'abri ou de vents pluvieux, on fait une courbe raisonnée qui doit être exacte en bien des parties. N'est-ce pas mieux qu'une courbe certainement fausse partout?

L'un de nous, il y a bien longtemps, a publié une carte des précipitations à 1/500 000 de la France et débordant jusqu'à Madrid. S'appuyant sur les notions de relief, sur la connaissance de la végétation, la carte a fourni des documents utilisés par les hydro-électriciens avec succès, pour la construction des barrages, alors que les cartes antérieures à lignes « amples » étaient rigoureusement inutilisables.

10. Nous remercions M. Aubréville de nous avoir donné l'occasion de préciser certains points et de reconnaître certaines imperfections. Cela a permis d'exposer une méthode générale d'étude des bioclimats. Si au lieu de travailler à l'échelle de 1/5 000 000 on faisait des cartes à plus grande échelle, il est certain que d'autres facteurs entreraient en jeu.

Ouvrages cités

Aubréville A. — Propos biotropicaux. Sur une carte bioclimatique de la zone méditerranéenne. Adansonia, **3**, 3 : 338-342 (1963), Paris.

Bagnouls F. et Gaussen H. — Saison sèche et indice xerothermique. Bull. Soc. hist. nat. de Toulouse **88** : 194-239, 1 carte, fig. (1953), Toulouse.

Bagnouls F. et Gaussen H. — Les climats biologiques et leur classification. Annales de géographie 56e année : 194-220, 8 pl. de graphiques (1957), Paris.

Curé P. — Les essais de représentations synthetiques des climats pour la Géographie botanique. — Documents pour les Cartes des Product. végetales. Série Generalités, tome III, art. 1, 114 p. 1 carte en couleurs. Toulouse (1943-1964).

Legris P. — La végetation de l'Inde. Écologie et flore. Thèses fac. sc. Toulouse. I vol. 596 p. 20 pl. h. t. 32 fig. (1963). Cartes publiées aussi dans Trav. Labo. forest de Toulouse, t. V, Ire Section Asie, vol. II, Asie méridionale.

Meher-Homji (V. M.) — Les bioclimats du sub-continent indien et leurs types analogues dans le Monde. Thèses fac. sc. Toulouse, 1 vol. 254 p. fig. cartes, (à suivre) publié en 1963, publié aussi dans : Documents pour les Cartes des Product. vegétales, Série Generalités, tome IV, vol. I Toulouse (1963).

UNESCO-FAO. — Recherches sur la zone aride no XXI. Étude écologique de la zone méditerranéenne. Carte bioclimatique de la zone mediterranéenne. Notice explicative 60 p. fig., Cartes en couleurs. Paris (1963).